

Dans ce chapitre :

Les différents types de contractions musculaires 78

- Contraction statique 78
- Contraction dynamique 80
- Contraction isométrique 80
- Contraction auxotonique 80
- Contraction isotonique 81
- Contraction isocinétique 82
- Contractions concentrique et excentrique 83
- Contraction pliocentrique 83

Les facteurs qui influencent la contraction musculaire 83

- L'angle articulaire 83
- La section transversale du muscle 84
- La vitesse du mouvement 86
- Le type de fibre musculaire 91
- L'âge 91
- Le sexe 91

Sommaire 93



Explorons la contraction musculaire....

CHAPITRE 4



Les muscles au travail

Après avoir terminé ce chapitre, vous devriez pouvoir :

- distinguer les différents types de contractions musculaires ;
- décrire les facteurs qui influencent le développement de la force musculaire ;
- identifier les composantes de la force musculaire ;
- comprendre les interactions entre ces différentes composantes.

Le muscle est un organe qui génère le mouvement. Sa structure et ses fonctions, telles que présentées dans le chapitre précédent, peuvent s'adapter à plusieurs protocoles d'entraînement. Ces protocoles sont conçus de façon à améliorer la forme physique ou pour l'entraînement à des exercices sportifs spécifiques – la forme physique étant un facteur important à une bonne santé. Néanmoins, avant d'explorer les différents protocoles d'entraînement, il est nécessaire de se familiariser avec les différents types de contractions musculaires. Vous devez également comprendre le concept de la force musculaire, et les interactions entre ses différentes composantes – compréhension étroitement liée à la réussite d'un projet de remise en forme ou à la réalisation d'une performance athlétique.

Les différents types de contractions musculaires

Dans un programme d'entraînement physique, il est important d'exécuter plusieurs types de contractions musculaires. En premier lieu, distinguons la contraction statique de la contraction dynamique.

Le travail musculaire statique et dynamique engendre cinq types de contractions musculaires : contraction isométrique, isotonique, auxotonique, isocinétique, et pliocentrique.

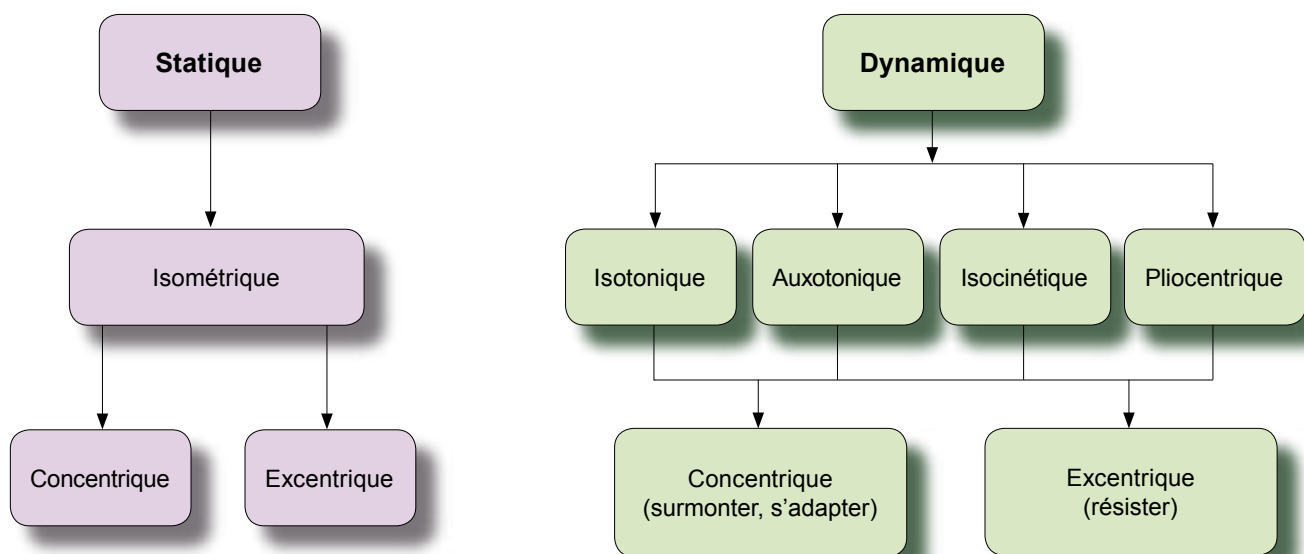


Figure 4.1 Les différents types de contractions musculaires.

Le saviez-vous ?

Il est intéressant de noter que la terminologie utilisée pour décrire les principales contractions musculaires vient de la langue grecque.

isocinétique et pliocentrique. Chacun de ces types de contraction renvoie à deux formes de mouvements : un mouvement concentrique et excentrique.

Contraction statique

La **contraction statique** est une contraction pour laquelle la tension du muscle, ou la force exercée contre une charge externe, est égale ou inférieure à la force externe. Par conséquent, la charge n'est pas déplacée. Pensez à un athlète qui essaie de fléchir son bras contre la résistance d'une barre fixe. Même si toute l'énergie et la force de l'athlète sont mobilisées pour ce mouvement, ce dernier ne pourra déplacer la barre. En revanche, la force exercée par le muscle est substantielle.

Dans la plupart des sports, la tension maximale statique est rare. Cependant, elle peut se produire en gymnastique (dans la croix aux anneaux et dans certains exercices d'équilibre), en lutte ou en judo (dans les techniques, les prises sur le sol et les ponts). En général, la plupart des sports



A

B

Figure 4.2 Contractions statiques et isométriques. **A.** Activités qui requièrent une tension musculaire statique maximale. **B.** Activités qui requièrent une tension musculaire statique sous-maximale.

requièrent seulement des **contractions statiques sous-maximales** ou basses. Tirer une voile gonflée par le vent, le tir à l'arc et le ski alpin sont des activités qui exigent souvent un travail statique sur une durée prolongée (figure 4.2).

Contraction dynamique

Le système neuromusculaire travaille de façon dynamique lorsqu'il y a un déséquilibre entre les forces internes et les forces externes. Par exemple, un athlète peut être capable de développer la force nécessaire pour lever un poids pendant un exercice. Quand la force externe (gravité du poids ou d'un objet) est plus faible que la force interne générée par l'athlète alors celui-ci est en mesure de résister à la force externe et par conséquent de créer un mouvement. Ainsi, toute **contraction dynamique** génère un mouvement.

Contraction isométrique

Une **contraction isométrique** (*iso* = même, *métrique* = longueur) est une contraction pour laquelle le muscle, même contracté, ne change pas de longueur. Dans ce cas, la contraction s'exerce contre une charge dont la force dépasse celle des muscles de l'athlète et par conséquent il n'y a pas déplacement de la charge. Nous savons cependant qu'une force considérable a été produite par l'état de fatigue éprouvé par l'individu. Néanmoins, aucun mouvement externe n'est perçu. Une contraction isométrique est une contraction statique.

En d'autres termes, aucun travail musculaire n'est réalisé lors d'une contraction isométrique (travail = force x distance). Toutefois, nous observons le développement d'une tension musculaire relativement élevée et une consommation d'énergie. Par conséquent, une contraction isométrique se définit non pas par le travail exécuté, mais par le taux de tension musculaire développé et par la durée durant laquelle cette tension est maintenue.

Quand deux individus de forces égales entrent dans une compétition de bras de fer, une contraction isométrique se produit. Les bras sont statiques jusqu'à ce qu'un des deux individus fatigue – perte de quelques complexes actine-myosine (CAM)

pour un des athlètes – au point de ne plus pouvoir maintenir une force égale à celle de son adversaire. Pour plus de renseignements sur le complexe actine-myosine, voir chapitre 3.

Pouvez-vous nommer d'autres activités qui requièrent des contractions isométriques ?

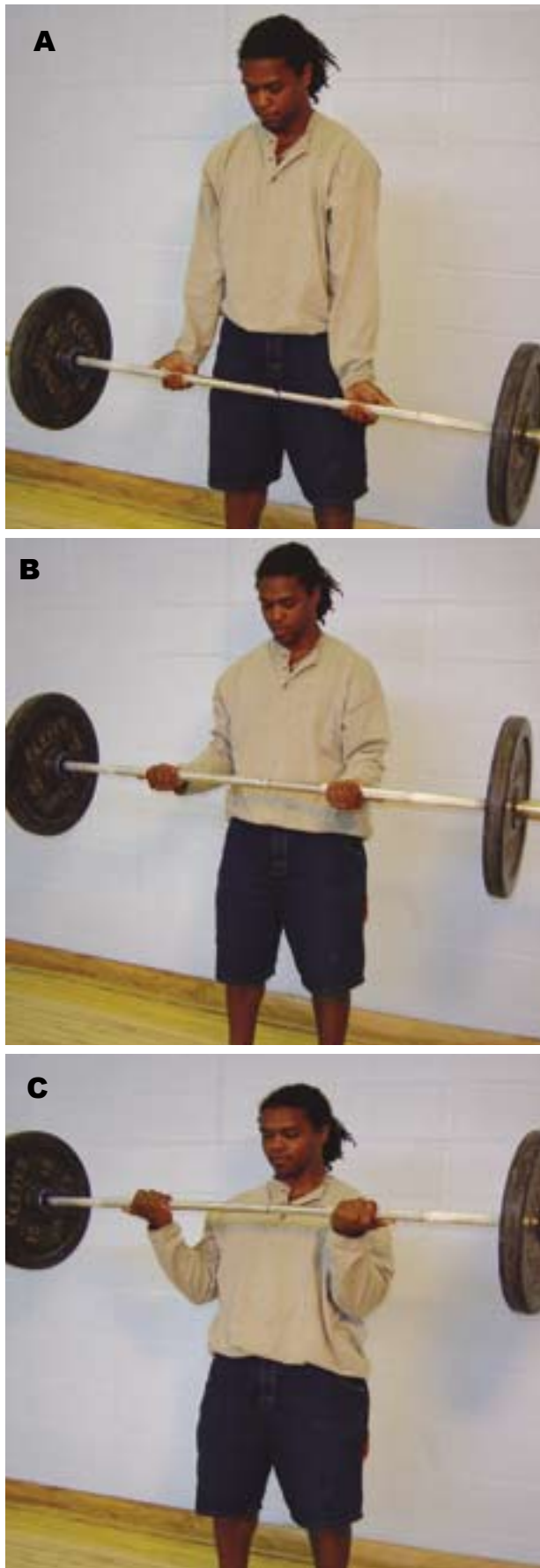
Contraction auxotonique

Dans des circonstances normales, le travail musculaire dynamique demande une **contraction auxotonique** (auxo = augmentation, tonos = tension). En raison du changement continu de l'angle articulaire et de la vitesse du mouvement lors du travail musculaire dynamique, le muscle se contracte soit en augmentant soit en diminuant la tension. Le terme auxotonique veut littéralement dire « tension augmentée » bien qu'ici le terme soit utilisé dans le sens de « tension variable ». L'engagement ou le désengagement constant des unités motrices fait en sorte que le muscle s'adapte aux exigences de la tension ; exigences qui varient continuellement. La contraction auxotonique est une contraction dynamique.

Quand un athlète plie son bras pour soulever un haltère, la masse de l'haltère demeure évidemment inchangée durant l'étendue des mouvements réalisés. La force nécessaire pour exécuter ce mouvement n'est pas constante mais dépend de la capacité physique de l'athlète, de la puissance de levier de l'athlète, de l'angle de positionnement des membres et de la vitesse du mouvement (voir figure 4.3 ainsi que la figure 3.5 du chapitre 3).

De même, une levée latérale du bras exige une force supérieure en début de mouvement ; force pouvant atteindre un maximum de 90 degrés pour ensuite chuter de façon constante. Quand un athlète soulève son tronc d'une position horizontale, il a besoin, en début de mouvement, d'une force maximale qui graduellement atteint son plein potentiel pour ensuite décliner continuellement vers zéro.

Souhaiter changer la force ou la tension musculaire durant un mouvement pose un problème pour ceux qui s'entraînent avec des poids libres. L'un des deux scénarios suivants se produit fréquemment. Si la charge choisie peut être soulevée pendant toute l'étendue du mouvement, elle fournit un stress



mécanique adéquat pour un entraînement en début et en fin de mouvement, mais elle ne génère pas suffisamment de stress dans la phase du mouvement correspondant à la formation optimale du complexe actine-myosine. Néanmoins, c'est souvent durant cette phase que l'athlète cherche à entraîner sa force musculaire, que ce soit pour développer une force additionnelle ou pour augmenter sa masse musculaire. Si la charge choisie fournit un stress adéquat pour entraîner le muscle pendant la phase du mouvement correspondant à la formation optimale du complexe actine-myosine, la charge est alors souvent trop lourde pour que l'individu puisse exécuter ce mouvement. Dans ce cas-là, l'individu déplace en général la barre vers le haut en se servant de ses cuisses et, en fin de mouvement, il la laisse tomber sur ses épaules. Lorsque vient le moment d'abaisser la barre, le premier mouvement exécuté est de faire tomber la barre jusqu'à ce qu'un nombre suffisant de complexes actine-myosine se forment pour arrêter sa chute. Le mouvement se termine quand la barre tombe sur les cuisses. Cette technique est la plus employée. L'individu ne s'entraîne donc pas pendant toute l'étendue du mouvement. Cet entraînement donne l'impression que les bras ne peuvent pas être maintenus droits. L'idéal serait d'avoir une tension exercée sur le muscle durant toute l'étendue du mouvement. Pour réaliser ce type d'entraînement, la charge doit être augmentée lors de la levée du poids pour être ensuite diminuée lorsque l'individu atteint la phase durant laquelle la formation de complexes actine-myosine est optimale. C'est une tâche difficile à réaliser lorsqu'on s'entraîne avec des poids libres.

Contraction isotonique

Une contraction dynamique requière exceptionnellement une **contraction isotonique** (iso = même ou constante et tonos = tension). Lors d'une contraction isotonique, la longueur du muscle varie mais non la tension. Par exemple, un athlète réussit (approximativement) une contraction isotonique lorsqu'il abaisse un poids extrêmement

Figure 4.3 Pour la flexion du coude, la tension musculaire varie selon l'angle articulaire.

Alerte à la terminologie!

Dans le contexte de l'entraînement de la force et dans la littérature des sciences de l'exercice, le mot *isotonique* est souvent utilisé pour signifier une contraction musculaire *auxotonique*.

lourd, à une vitesse lente et constante, contre une résistance maximale.

Toutefois, ce type de contraction est rarement observé dans les sports et les événements athlétiques. Le déplacement d'une charge quelconque implique un changement continu des angles articulaires qui à leur tour imposent des niveaux de tension variés pour déplacer cette charge.

Contraction isocinétique

Dans une **contraction isocinétique** (iso = même ou constant et cinétique = mouvement), le système neuromusculaire peut travailler à une vitesse constante lors de chaque phase du mouvement

(malgré le changement continu de leviers ou de moment de force) contre une résistance élevée prédéterminée. Ceci permet aux muscles et aux groupes de muscles en mouvement d'exercer une tension importante pour chaque phase de l'étendue du mouvement. Ce type de contraction est efficace pour renforcer la musculature à tous les angles du mouvement.

Comme dans la contraction auxotonique, la tension musculaire adéquate dépend de l'angle articulaire correspondant et de la vélocité du mouvement. Ce type de contraction peut être réussi, avec des succès variables, grâce à l'usage de certains dynamomètres onéreux comme le CYBEX, le KINCOM et le LIDO, qui assurent électroniquement une vitesse de mouvement constante. De même, l'HydraGym et le Nautilus assurent des mouvements de nature « isocinétique » par des moyens mécaniques (figure 4.4).

Les vitesses relativement constantes réalisées en natation et en aviron sont similaires à celles produites lors d'exercices isocinétiques. Pour cette raison, ces sports utilisent l'entraînement isocinétique pour



Figure 4.4 Les contractions isocinétiques sont générées grâce à une variété de dynamomètres onéreux.



améliorer la performance sportive. Néanmoins, la plupart des sports requièrent peu de mouvements isocinétiques purs ; tous les sports en général exigent des variations dans la vélocité et dans la force appliquée lors de l'exécution des mouvements.

Les contractions isocinétiques font partie des contractions dites dynamiques.

Contractions concentrique et excentrique

Une **contraction concentrique** se produit lorsque le muscle se raccourcit durant toute l'étendue du mouvement – cette contraction est communément appelée **flexion**. Lorsque le muscle s'étire pendant l'étendue du mouvement, il s'agit alors de **contraction excentrique**, appelée également **extension**. Nous prendrons à nouveau la flexion-extension du bras, avec poids libres, pour illustrer ce concept (figure 4.3). Le déplacement de la barre, des cuisses jusqu'à la région des épaules, généré par la flexion des biceps brachiaux, est une contraction concentrique auxotonique. Le mouvement de retour, de la région des épaules jusqu'aux cuisses, par l'extension des biceps brachiaux, est une contraction excentrique isotonique.

Contraction pliocentrique

Le dernier type de contraction musculaire, la **contraction pliocentrique**, est une contraction hybride. Le muscle exécute une contraction concentrique isotonique à partir d'une position d'étirement. L'étirement du muscle est réalisé lorsqu'un individu saute d'un objet (un bloc, par exemple) d'une hauteur de 25 à 40 cm (saut en profondeur). Ce mouvement non seulement étire les muscles, mais il déclenche également le réflexe de l'**organe tendineux de Golgi**, qui a pour rôle de protéger le muscle d'un étirement trop prononcé. Ce réflexe provoque la contraction des muscles. Certaines activités utilisent ce type de contraction pour développer des habiletés au saut, telles que sauter, bondir ; activités favorisées par l'entraînement pliométrique. Les recherches indiquent que ce type de force et d'entraînement de la force assure une augmentation de la hauteur

des sauts ; hauteur supérieure à celle développée uniquement par l'entraînement de la force.

Les facteurs qui influencent la contraction musculaire

Plusieurs facteurs peuvent agir sur le développement de la force et la puissance musculaire chez un individu – sa **santé physique** et son **type d'entraînement** notamment. Les autres facteurs qui agissent sur la force et la puissance musculaire sont : (1) l'angle articulaire, (2) la section transversale du muscle, (3) la vitesse du mouvement, (4) le type de fibre musculaire, (5) l'âge et (6) le sexe.

L'angle articulaire

Prenons l'exemple de la flexion du coude lors de la levée d'un haltère (figure 4.3). La contraction des fléchisseurs du coude est initialement isométrique (statique). Le muscle se raccourcit de façon visible seulement si les forces internes générées par le muscle en flexion excèdent les forces externes de l'haltère. Lorsque le bras est en flexion à l'articulation du coude, l'haltère est ramené vers les épaules. La charge de l'haltère a pour effet d'accélérer la force interne proportionnellement jusqu'à ce que celle-ci dépasse celle de la charge de l'haltère. Une phase de travail statique très brève – une durée ne dépassant pas les quelques centaines de secondes – se produit alors durant le travail dynamique de la contraction concentrique et l'abaissement de l'haltère. Lors de l'abaissement de l'haltère vers sa position initiale, les forces externes dépassent les forces internes. Les muscles, qui étaient impliqués précédemment dans la levée de l'haltère, sont maintenant étirés. C'est avec les bras en extension à l'articulation du coude que l'haltère est abaissé. Les fléchisseurs du coude, lors de la levée de la charge, exécutent des contractions concentriques dynamiques. Durant l'abaissement de la charge, ils sont alors impliqués dans l'exécution de contractions excentriques dynamiques. Plus la force externe est grande, plus la vitesse avec laquelle la charge est abaissée augmente. La « synergie musculaire » (muscle agoniste vs